



Исходный материал для селекции картофеля, полученный с использованием видов *Solanum L.*

Н. М. Зотеева¹, З. З. Евдокимова²

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

² Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка» – филиал Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха, Ленинградская область, Россия

Автор, ответственный за переписку: Надежда Мубаровна Зотеева, zoteyeva@rambler.ru

Актуальность. Фитофтороз, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, является одной из наиболее вредоносных болезней картофеля. В Северо-Западном регионе РФ, где погодные условия благоприятны для распространения инфекции, возбудитель фитофтороза может вызывать значительные потери урожая этой культуры. Расширение генетического разнообразия исходного материала является одной из задач селекции картофеля, направленной на выведение сортов с устойчивостью к патогенам.

Материалы и методы. В полевых опытах оценивали устойчивость клонов межвидовых гибридов к фитофторозу, способность к формированию клубней и продуктивность в условиях продолжительного светового дня, а также ряд агрономических признаков, используя стандартные методы.

Результаты. В результате многолетних полевых наблюдений получены данные об устойчивости оригинальных межвидовых гибридов картофеля к фитофторозу. Гибриды также оценены по агрономическим характеристикам. Часть полученных межвидовых гибридов демонстрирует устойчивость к фитофторозу, урожайность и хорошую морфологию клубней. Выявлены комбинации скрещиваний, в которых гибридные клоны значительно превосходят по урожайности обоих родителей.

Заключение. Скрещивания сортов картофеля с разными источниками устойчивости к фитофторозу позволили объединить в гибридных клонах гены диких, культурных андийских видов и образцов *Solanum tuberosum L.* различного происхождения. Оригинальные межвидовые устойчивые к фитофторозу гибриды с хорошими агрономическими характеристиками клубней могут быть использованы в селекции картофеля.

Ключевые слова: виды картофеля, гибриды, устойчивость, фитофтороз, агрономические признаки

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0481-2022-0004 «Совершенствование подходов и методов *ex situ* сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции» и согласно тематическому плану ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха» по теме FZSW-2019-0011 «Фундаментальные основы управления селекционным процессом по созданию новых генотипов растений с высокими хозяйственно ценными признаками продуктивности, устойчивости к био- и абиострессам и получение сельскохозяйственных культур на основе современных методов диагностики и защиты растений, обеспечивающих получение высококачественного материала для условий Северо-Запада России».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Зотеева Н.М., Евдокимова З.З. Исходный материал для селекции картофеля, полученный с использованием видов *Solanum L.* Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022;183(4):115-121. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-115-121

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-115-121

Source material from crosses among *Solanum* L. spp. for potato breeding

Nadezhda M. Zoteyeva¹, Zinaida Z. Evdokimova²¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia² Leningrad Research Agriculture Institute, Branch of Russian Potato Research Center, Leningrad Province, Russia**Corresponding author:** Nadezhda M. Zoteyeva, zoteyeva@rambler.ru

Background. Late blight (agent: *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) is one of the most destructive diseases for potato. The climate conditions in the northwest of Russia are very favorable for annual late blight infestation. Spreading of the pathogen leads to significant harvest losses. A promising breeding strategy is to expand the genetic diversity of resistance sources.

Materials and methods. Resistance of experimental hybrid clones to late blight, their ability to form tubers under long daylight conditions, and a number of agronomic traits were studied using standard methods.

Results. Long-term evaluation data were obtained for original interspecies potato hybrids concerning their resistance to late blight. The hybrids were also assessed for their yield and agronomic tuber characteristics. Some of the produced interspecies hybrids demonstrated field resistance to late blight, high tuber yield, and good agronomic traits. Clones derived from some cross combinations significantly exceeded both parents in tuber yield per plant and tuber size.

Conclusions. Crosses between potato cultivars and various late blight resistance sources made it possible to combine in hybrid clones the genes of wild and cultivated Andean species and *Solanum tuberosum* L. with different pedigrees. Productive hybrid clones with resistance to late blight and good agronomic characteristics promise to become useful material for potato breeding programs.

Keywords: potato species, hybrids, resistance, late blight, agronomic traits

Acknowledgements: the research was performed within the framework of the State Task according to the theme plan of VIR, Project No. 0481-2022-0004 "Improving the approaches and methods for *ex situ* conservation of the identified genetic diversity of vegetatively propagated crops and their wild relatives, and development of technologies for their effective utilization in plant breeding", and within the framework of the State Task according to the theme plan of the A.G. Lorch Russian Potato Research Center, Theme FZSW-2019-0011 "Fundamental principles of the breeding process management aimed at the development of new plant genotypes with high economically valuable traits of productivity and resistance to bio and abiotic stressors, and the production of crops based on modern methods of diagnostics and plant protection, ensuring the production of high-quality material for the conditions of the Northwest of Russia".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Zoteyeva N.M., Evdokimova Z.Z. Source material from crosses among *Solanum* L. spp. for potato breeding. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(4):115-121. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-115-121

Введение

Учитывая значение картофеля как продовольственной культуры, выращиваемой в промышленных посадках и фермерских хозяйствах, исследования в области селекции этой культуры чрезвычайно важны. В условиях дефицита финансовых ресурсов на приобретение химических средств защиты растений от болезней и вредителей важно использовать разнообразные источники устойчивости к вредным организмам при создании широкой генетической базы для дальнейшей селекции. Большой ущерб урожаю картофеля наносит фитофтороз, вызываемый *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary (Haverkort et al., 2009). К середине 70-х гг. прошлого столетия одной из главных проблем селекции на устойчивость к фитофторозу стала уость генетического пула возделываемых сортов. Некоторые авторы справедливо полагают, что этот факт является причиной их низкой урожайности (Mendoza, Haynes, 1974; Plaisted, Hoopes, 1989). Повышение устойчивости растений картофеля к болезням часто основано на интрогрессии специфичных R-генов. Это направление селекции не приводит к долговременной устойчивости сортов из-за постоянных изменений структуры популяций возбудителя болезни. В то же время привнесение в один генотип устойчивости от образцов разных видов повышает вероятность достижения длительной устойчивости. Использование в качестве компонентов скрещиваний генетического материала, полученного с использованием разных видов *Solanum* L., позволяет получать перспективные родительские формы как с точки зрения устойчивости к болезням, так и качества клубней (Santini et al., 2000; Jansky et al., 2014). Ценными для селекции были признаны андийские культурные виды *S. tuberosum* subsp. *andigenum* Juz. et Buk. и *S. phureja* Juz. et Buk. (Tam, Tai, 1983; Haynes et al., 2019). Для достижения длительной устойчивости в сочетании с удовлетворительными агрономическими характеристиками такой исходный гибридный материал должен быть интрогрессирован в чувствительные к фитофторозу сорта.

Выведение фитофтороустойчивых сортов является целью многих исследовательских программ (Milczarek et al., 2017; Rogozina, Khavkin, 2017; Zimnoch-Guzowska, Flis, 2021). Для вовлечения в гибридизацию фитофтороустойчивого материала проводят полевую оценку в условиях высоких естественных инфекционных фонов (Plich, Tatarowska, 2017; Karki et al., 2021). Использование диких видов картофеля в гибридизации сопряжено с проявлением передаваемых ими нежелательных признаков: длинные столоны, мелкие неправильной формы клубни. Применение беккроссов с *S. tuberosum* приводит к снижению у потомств устойчивости к болезням, но улучшает потребительские свойства картофеля. Тем не менее поиск растений, сочетающих устойчивость с удовлетворительной продуктивностью, вполне возможен (Carputo et al., 2000). На урожайность таких гибридных клонов влияет затрудненное формирование клубней у диких видов картофеля в условиях продолжительного светового дня. Растения многих короткодневных видов совсем не формируют клубни в поле. В этой связи, при подборе родительских компонентов скрещиваний из числа диких видов, желательно выбирать образцы с нейтральной фотопериодической реакцией.

Целью исследования является изучение гибридных клонов для выделения материала с устойчивостью к фитофторозу, наблюдаемой в течение многолетних поле-

вых обследований, и способностью формировать удовлетворительное количество выровненных по размеру клубней правильной формы в условиях продолжительного светового дня.

Материал и методы

Материал

Материалом для исследования служили клоны межвидовых гибридов картофеля, полученные в результате скрещивания диких видов с образцами *S. tuberosum* и культурными южноамериканскими видами, используя их как в качестве материнских, так и отцовских родительских форм. Гибридные клоны изучены по числу, размеру и форме клубней, их выровненности по размеру, а также по массе с одного растения. Оригинальные гибриды получены ранее от скрещиваний, проведенных с участием фитофтороустойчивых образцов видов: *S. berthaultii* Hawk. (ber), *S. microdontum* Bitt. (mcd), *S. ruizceballosii* Card. (rzc), *S. guerreroense* Corr. (grr), *S. neoantipoviczii* Buk. (nan), а также образцов видов *S. kurtzianum* (ktz), *S. tarijense* Hawk. (tar), *S. tuberosum* subsp. *andigenum* Juz. et Buk. (adg) и *S. phureja* Juz. et Buk. (phu) с хорошей способностью репродуцировать клубни в условиях длинного светового дня.

Образец *S. tuberosum* subsp. *andigenum*, включенный в гибридизацию, оценивали по морфологии клубней и по устойчивости к фитофторозу. Часть клонов проявляла устойчивость к болезни клубней. Образец оказался высокополиморфным по размеру, форме клубней и окраске кожуры. Фертильность пыльцы высокая. Родительский образец *S. phureja* характеризовался умеренной устойчивостью к фитофторозу, стабильной клубневой репродукцией в поле и хорошими морфологическими признаками клубней. В скрещиваниях с сортом 'Аврора' образец использован в качестве опылителя.

В гибридизации также использованы сорта и селекционные клоны *S. tuberosum* (tub). Один из исходных родителей представлен селекционным клоном SW93-1015 из коллекции Университета по агрономическим исследованиям (SLU, Швеция) с высокой устойчивостью к фитофторозу (Ali et al., 2012; Zoteyeva et al., 2017a; Zoteyeva et al., 2017b).

Методы

В поле высаживали по 10 клубней каждого гибридного клона. В период вегетации оценивали устойчивость ботвы к фитофторозу методом, описанным М. Siczka (2001). В послеуборочный период проводили оценку агрономических характеристик согласно методике Симакова с соавторами (Simakov et al., 2006).

Гибридные клоны оценивали на естественном инфекционном фоне в 2015–2022 гг. в поле Ленинградского НИИХ «Белогорка» – филиала Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха (Ленинградская обл.) и на полях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ППЛ ВИР, Санкт-Петербург, г. Пушкин), где климат способствует интенсивному распространению болезни, а популяции патогена характеризуются сложным составом генов вирулентности и наличием обоих типов совместимости (Vedenyapina et al., 2002). Представляется, что половой процесс воспроизводства патогена после появления на европейском континенте типа совместимости A2 происходит и до настоящего времени. Высокое разнообразие рас *P. infestans* в последнее время зарегистрировано в районе, граничащим с югом Ленинградской области

(Runno-Paurson et al., 2022). Степень развития симптомов болезни на растениях приведена на последнюю дату оценки по шкале 1–9 баллов, где балл 9 означает отсутствие симптомов болезни; баллы 8 и 7 – высокую устойчивость и соответствуют 3 и 10% площади поражения ботвы соответственно. Балл 6 (11–25%) означает умеренную устойчивость, балл 5 (26–75%) – умеренную чувствительность растений. Чувствительными считаются растения, устойчивость которых оценивается баллами от 4 до 1 (76–100% площади поражения).

использовании его в качестве материнской, так и отцовской формы. У этого гибрида определена стерильность пыльцы (Zoteyeva, Karabitsina, 2016). Большое число клубней с одного растения, превосходящее число клубней у обоих родителей, отмечено у гибридов, где материнскими формами были растения гибрида NZ2010-10nb и клон SW93-1015. Данные по числу сформированных клубней с одного растения и распределение их по размеру в популяциях части гибридов представлены в таблице.

Таблица. Число сформированных клубней и распределение по размеру в популяциях межвидовых гибридов картофеля (вторая клубневая репродукция)

Table. Number of the formed tubers and their distribution by size within the populations of interspecies potato hybrids (second tuber reproduction)

Гибрид	Изучено клонов (по 10 растений)	Число клубней, сформированных на 1 растении, распределение по размеру							Устойчивость к фитофторозу, средний балл за 5 лет
		Общее (в среднем на образец)	Max	Min	VL*	L	M	S	
grr** × Superb	20	14	22	8	–	–	4	10	8,2
SW93-1015 × ber	5	4,5	5	4	1,7	3,3	0	0	6,4
SW93-1015 × adg	12	19,3	34	11	0,5	10	7	1,8	7,5
NZ2010-10nb × (grr × Superb)	14	23,4	35	8	0	11	9	3	6,7
Аврора × phu	5	10,3	15	5	0	2	8,5	0	4,8
Аврора × rzc	4	12,5	16	9	0	0,5	8	2	6,6
(SW93-1015 × adg) × {nan × [(mcd × tar) × (grr × adg)]}	6	16,3	30	6	0	0,5	9	5,5	7,0
(SW93-1015 × adg) × Desirée	3	18,7	30	10	0	17	1,8	0	7,0
(grr × Superb) × Desirée	2	10	11	9	0	5,5	4	7,5	7,0
nan × [(mcd × tar) × (grr × adg)]	7	27,3	42	7	0	0,9	8,7	16,6	6,8

Примечание: * – Градация по размеру клубней: VL – очень крупные (свыше 90 г), L – крупные (51–90 г), M – средние (31–50 г), S – мелкие (30 г и ниже);

** – Аббревиатура видов приведена в разделе «Материал и методы»

Note: * – Gradation by tuber size: VL – very large (up to 90 g), L – large (51–90 g), M – medium (31–50 g), S – small (30 g and below);

** – Species abbreviations are given in the section *Material and methods*

Результаты и обсуждение

Полученные гибриды сильно различались по массе, числу клубней с одного растения (данные для части из них представлены в таблице), форме клубней и окраске кожуры. Первый гибрид с мексиканским видом *S. guergeroense* получили от скрещивания с сортом 'Superb'. Популяция гибрида grr × Superb расщеплялась по массе клубней и включала небольшую фракцию клубней среднего размера, часть из которых имела неправильную форму. Крупные немногочисленные клубни (от пяти до шести) формировал гибрид SW93-1015 × ber, скрещивания с которым были безуспешными как при

До 20 клубней на одном растении формировал гибрид Аврора × *S. phureja*. Он отличался выровненными по размеру и округлой правильной форме среднего размера клубнями с розовой окраской кожуры. В дальнейшем число клубней у этого гибрида варьировало в зависимости от года. Гибрид не скрещивался с тетраплоидными и диплоидными компонентами скрещиваний как при использовании его в качестве материнской, так и отцовской формы. Клубни мелкого размера имели гибриды grr × adg, Аврора × rzc и Аврора × nan. Ввиду высокой устойчивости образца *S. neoantipovicii* к Y вирусу картофеля он был включен в программу скрещиваний, невзирая на мелкий размер клубней у гибридов, получен-

ных с его участием. Была сделана попытка добиться более высокой массы клубней без потери фитотроустойчивости при скрещивании сложного гибрида $\text{nan} \times [(\text{mcd} \times \text{tar}) \times (\text{grg} \times \text{adg})]$ с клоном гибрида SW93-1015 \times adg с наиболее высокой массой клубней среди всех опытных гибридов. Однако, при сравнении с мелкоклубневым родителем, в популяции гибрида (SW93-1015 \times adg) \times {nan \times [(mcd \times tar) \times (grg \times adg)]} увеличилась лишь доля клонов со средней массой клубней и сохранились длинные столоны.

В то же время у гибридов, полученных с участием другого мексиканского короткодневного вида *S. guerreroense*, уже после одного-двух последовательных скрещиваний с *S. tuberosum* значительно возросла масса клубней и компактность гнезда, а также улучшались их морфологические характеристики. Таким примером является гибрид, полученный от опыления пыльцой grg \times Superb селекционного клона *S. tuberosum* NZ2010-10nb, который на высоком инфекционном фоне расщеплялся по устойчивости. Он стал успешным родителем гибридов, полученных далее в нескольких комбинациях скрещиваний с *S. tuberosum*. С использованием гибрида NZ2010-10nb \times (grg \times Superb) в качестве материнской формы были получены потомства от скрещиваний с сортом 'Campina' и селекционными клонами SW-0909005 и SW-0906512 (данные о гибридах не представлены в таблице). В условиях высокого инфекционного фона в расщепляющихся популяциях, наряду с сильно поражаемыми, встречались устойчивые растения (рисунок).

В результате последующих скрещиваний с сортами устойчивость в полученных гибридных популяциях снижалась по-разному. Наиболее заметно она снизилась у гибрида с сортом 'Campina'. Большая часть популяций гибридов с клонами SW-0909005 и SW-0906512 сохраняла устойчивость в условиях высокого естественного инфекционного фона (см. рисунок).

Клоны умеренно устойчивого продуктивного гибрида NZ2010-10nb \times (*S. guerreroense* \times Superb) не выровнены по размеру клубней. С целью устранения этого недостатка продолжены скрещивания с сортами, обладающими хорошими морфологическими признаками клубней. При попытке получить раннеспелые продуктивные клоны перспективным представляется потомство от опыления этого клона пыльцой сортов 'Балтийский' и 'Манифест'.

Для скрещиваний был отобран продуктивный фитотроустойчивый клон гибрида NZ2010-10nb \times (*S. guerreroense* \times Superb) с крупными и среднего размера клубнями. Среднее число клубней с одного растения в разные годы колеблется от 23 до 30. Клон использовали в качестве материнской формы в скрещиваниях со среднеранними сортами 'Балтийский' и 'Манифест'. В результате скрещиваний большее число семян на одну ягоду получено в скрещиваниях с сортом 'Балтийский' (148,5), меньшее – в скрещиваниях с сортом 'Манифест' (65,6). В популяциях гибридных семян проведены отборы устойчивых к фитотрозу клонов с хорошими характеристиками клубней. В первый год изучения высажено



Рисунок. Популяция гибрида [NZ2010-10nb \times (grg \times Superb)] \times SW-0909005, (2016 г, период уборки)
Figure. Population of the hybrid [NZ2010-10nb \times (grg \times Superb)] \times SW-0909005 (2016, harvesting time)

120 семян гибрида [NZ2010-10nb × (*S. guerreroense* × Superb)] × Балтийский, из них отобрано 65. Среди 165 семян гибрида [NZ2010-10nb × (*S. guerreroense* × Superb)] × Манифест клубни отобраны у 42. В популяциях, представленных клонами первого клубневого поколения, отобрано 6 клонов гибрида с сортом 'Балтийский' и четыре клона гибрида с сортом 'Манифест'. В первой клубневой репродукции, полученной от комбинации скрещивания с сортом 'Балтийский', три клона характеризовались раннеспелостью, три клона проявили устойчивость к фитофторозу (6,8; 7; 7 баллов соответственно). Этот гибрид имел клубни округло-овальной формы, которые различались по цвету кожуры: желтой, красной и белой. Среди клонов гибрида с сортом 'Манифест' выделен один среднеспелый и три более поздних клона. Клубни с красной и желтой окраской кожуры характеризуются округлой и овальной формой. Два клона проявляли устойчивость к фитофторозу (7,0; 7,5 баллов соответственно), два остальных сильно поражались. Большинство отобранных клонов имели хорошие показатели по компактности гнезда, морфологическим признакам клубней, их выровненности по форме и размеру (от 4 до 5 баллов по пятибалльной шкале). По продуктивности оба гибрида сходны с родительскими сортами.

Современные программы селекции картофеля нацелены на выведение клонов, сочетающих устойчивость к вредным организмам с другими желательными агрономическими признаками.

Барьеры скрещиваемости части диких видов затрудняют их интенсивное использование в селекции. В наших предыдущих работах (Zoteyeva et al., 2017a) получены простые и сложные межвидовые гибриды картофеля. В гибридизацию были вовлечены устойчивые к фитофторозу виды Центральной и Южной Америки, в том числе ранее не использовавшиеся в практической селекции. В программу скрещиваний включены образцы диплоидных и тетраплоидных мексиканских и южноамериканских видов картофеля, проявляющих устойчивость к фитофторозу листьев и/или клубней (Zoteyeva et al., 2012). Некоторые гибридные клоны и потомства, полученные от скрещиваний с ними, проявляли высокую устойчивость к фитофторозу в полевых условиях при выращивании в Швеции и Ленинградской области РФ (Zoteyeva et al., 2017a, 2017b). Дальнейшее изучение их фитофтороустойчивости позволит оценить ее стабильность в течение долгосрочного периода.

Среди большого числа полученных гибридов в дальнейшую работу включены только немногие. Потомства от скрещиваний с диплоидными южноамериканскими видами – культурным *S. phureja* и диким боливийским *S. ruiz-ceballosii* – не проявляли высокой устойчивости к фитофторозу, не отличались продуктивностью и не участвовали в дальнейшей гибридизации. Гибриды с мексиканским фитофтороустойчивым видом *S. neoantipoviczii* не достигали удовлетворительного размера клубней и не отличались мощностью куста. В то же время растения гибридов с *S. guerreroense* имели мощный габитус растений. Растения гибридного потомства, полученного от скрещивания клона SW93-1015 с *S. tuberosum* subsp. *andigenum* и *S. berthaultii*, характеризуются размером клубней, значительно превосходящим массу клубней обоих родителей. Это может служить примером возможности проявления гетерозиса у картофеля и представлять интерес для исследований, направленных на создание гетерозисных гибридов культуры.

Заключение

В результате гибридизации с использованием диких и культурных видов картофеля, а также сортов и селекционных клонов *S. tuberosum* различного происхождения получены гибриды, сильно различающиеся по длине столонов, массе клубней, числу клубней с растения, выровненности их по размеру и форме. Гибриды от отдельных комбинаций скрещиваний значительно превосходили по урожайности обоих родителей. В большинстве расщепляющихся гибридных популяций преобладали растения с высокой устойчивостью к фитофторозу. Отобранные клоны ряда гибридов сочетают высокую полевую устойчивость к фитофторозу с хорошими агрономическими признаками клубней. С целью выведения устойчивых к фитофторозу раннеспелых клонов проводится гибридизация этого материала с отечественными сортами ранних сроков созревания.

References / Литература

- Ali A., Moushib L.I., Lenman M., Levander F., Olsson K., Carlson-Nilson U. et al. Paranoid potato: phytophthora-resistant genotype shows constitutively activated defense. *Plant Signaling and Behavior*. 2012;7(3):400-408. DOI: 10.4161/psb.19149
- Carputo D., Basile B., Cardi T., Frusciant L. *Erwinia* resistance in backcross progenies of *Solanum tuberosum*, *S. tarijense* and *S. tuberosum* (+) *S. commersonii* hybrids. *Potato Research*. 2000;43:135-142.
- Haverkort A.J., Struik P.C., Visser R.G.F., Jacobsen E. Applied biotechnology to combat late blight in potato caused by *Phytophthora infestans*. *European Potato Journal*. 2009;52(3):249-264. DOI: 10.1007/s11540-009-9136-3
- Haynes K.G., Zotarelli L., Christensen C.T., Walker S. Early generation selection within a diploid hybrid *Solanum tuberosum* groups Phureja and Stenotomum population for the intense yellow-flesh creamer potato market. *HortScience*. 2019;54(12):2118-2124. DOI: 10.21273/hortsci13576-18
- Jansky S.H., Chung Y.S., Kittipaduka P. A diploid potato inbred line for use in breeding and genetics research. *Journal of Plant Registrations*. 2014;8(2):195-199. DOI: 10.3198/jpr2013.05.0024crg
- Karki H.S., Jansky S.H., Halterman D.A. Screening of wild potatoes identifies new sources of late blight resistance. *Plant Disease*. 2021;105(2):368-376. DOI: 10.1094/PDIS-06-20-1367-RE
- Mendoza H.A., Haynes F.L. Genetic basis of heterosis for yield in the autotetraploid potato. *Theoretical and Applied Genetics*. 1974;45(1):21-25. DOI: 10.1007/BF00281169
- Milczarek D., Plich J., Tatarowska B., Flis B. Early selection of potato clones with resistance genes: the relationship between combined resistance and agronomical characteristics. *Breeding Science*. 2017;67(4):416-420. DOI: 10.1270/jsbbs.17035
- Plaisted R.L., Hoopes R.W. The past record and future prospects for the use of exotic potato germplasm. *American Potato Journal*. 1989;66(25):603-627. DOI: 10.1007/BF02853982
- Plich J., Tatarowska B. Field evaluation of potato resistance against *Phytophthora infestans* under natural infection pressure. *Plant Breeding and Seed Science*. 2017;76(1):25-28. DOI:10.1515/plas-2017-0017
- Rogozina E.V., Khavkin E.E. Interspecific potato hybrids as donors of durable resistance to pathogens. *Vavilov Jour-*

- nal of Genetics and Breeding*. 2017;21(1):30-41. [in Russian] (Рогозина Е.В., Хавкин Э.Е. Межвидовые гибриды картофеля, как доноры долговременной устойчивости к патогенам. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017;21(1):30-41). DOI: 10.18699/VJ17.221
- Runno-Paurson E., Agho C.A., Zoteyeva N., Koppel M., Hansen M., Hallikma T. et al. Highly diverse *Phytophthora infestans* populations infecting potato crops in Pskov region, North-West Russia. *Journal of Fungi*. 2022;8(5):472. DOI: 10.3390/jof8050472
- Santini M., Camadro E.L., Marcellan O.N., Erazzu L.E. Agronomic characterization of diploid hybrid families derived from crosses between haploids of the common potato and three wild Argentinean tuber-bearing species. *American Journal of Potato Research*. 2000;77:211-218. DOI: 10.1007/BF02855788
- Sieczka M. Ocena odpornosci na zaraze ziemniaka w warunkach naturalnej infekcji. *Monografie i Rozprawy Naukowe*. 2001;10:74-76. [in Polish]
- Simakov E.A., Sklyarova N.P., Yashina I.M. Guidelines for the potato breeding process technology (Metodicheskiye ukazaniya po tekhnologii selektsionnogo protsesssa kartofelya). Moscow: Achievements of Science and Technology of AIC; 2006. [in Russian] (Симаков Е.А., Склярова Н.П., Яшина И.М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. Москва: Достижения науки и техники АПК; 2006).
- Tam T.R., Tai G.C. Tuberosum x Tuberosum and Tuberosum x Andigena potato hybrids: comparisons of families and parents, and breeding strategies for Andigena potatoes in long-day temperate environments. *Theoretical and Applied Genetics*. 1983;66(1):87-91. DOI: 10.1007/BF00281854
- Vedenyapina E.G., Zoteyeva N.M., Patrikeeva M.V. *Phytophthora infestans* in Leningrad region: virulence genes, compatibility types and oospore viability. *Mycology and Phytopathology*. 2002;36(6):77-85. [in Russian] (Веденяпина Е.Г., Зотеева Н.М., Патрикеева М.В. *Phytophthora infestans* в Ленинградской области: гены вирулентности, типы совместимости и жизнеспособность ооспор. *Микология и фитопатология*. 2002;36(6):77-85).
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B. Over 50 years of potato parental line breeding program at the Plant Breeding and Acclimatization Institute in Poland. *Potato Research*. 2021;64(4):743-760. DOI: 10.1007/s11540-021-09503-2
- Zoteyeva N.M., Antonova O.Yu., Klimenko N.S., Apalikova O.V., Carlson-Nilsson U., Karabitsina Yu.I. et al. Facilitation of introgressive hybridization of wild polyploid Mexican potato species using DNA markers of R genes and of different cytoplasmic types. *Agricultural Biology*. 2017a;52(5):964-975. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.964eng
- Zoteyeva N.M., Carlson-Nilsson U., Bengtsson T., Olsson K., Ortiz R. Late blight and virus host-plant resistances, crossing ability and glycoalkaloids in Nordic potato germplasm. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and Plant Science*. 2017b;67(7):1-9. DOI: 10.1080/09064710.2017.1324042
- Zoteyeva N.M., Chrzanowska M., Flis B., Zimnoch-Guzowska E. Resistance to pathogens of the potato accessions from the collection of N.I. Vavilov Institute of Plant Industry (VIR). *American Journal of Potato Research*. 2012;89(4):277-293. DOI: 10.1007/s12230-012-9252-5
- Zoteyeva N.M., Karabitsina Yu.I. Late blight resistance of hybrids obtained in crosses of *Solanum tuberosum* L. with the Bolivian diploid potato species. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2016;177(4):114-121. [in Russian] (Зотеева Н.М., Карабицина Ю.И. Фитофтороустойчивость гибридов от скрещиваний *Solanum tuberosum* с диплоидными боливийскими видами картофеля. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2016;177(4):114-121). DOI: 10.30901/2227-8834-2016-4-114-121

Информация об авторах

Надежда Мубаровна Зотеева, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, zoteyeva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2266-0467>

Зинаида Захаровна Евдокимова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка» – филиал Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха, 188338 Ленинградская область, Гатчинский район, д. Белогорка, ул. Институтская, 1, lenniish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2433-8052>

Information about the authors

Nadezhda M. Zoteyeva, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, zoteyeva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2266-0467>

Zinaida Z. Evdokimova, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Leningrad Research Agriculture Institute, Branch of Russian Potato Research Center, 1 Institutskaya St., Belogorka, Gatchinsky District, Leningrad Province 188338, Russia, lenniish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2433-8052>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.06.2022; одобрена после рецензирования 17.08.2022; принята к публикации 01.12.2022. The article was submitted on 18.06.2022; approved after reviewing on 17.08.2022; accepted for publication on 01.12.2022.